

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-256617

(P2001-256617A)

(43) 公開日 平成13年9月21日 (2001.9.21)

(51) Int.Cl.

G 1 1 B 5/39

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

キーワード (参考)

5 D 0 3 4

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-70028(P2000-70028)

(22) 出願日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 坂口 昌也

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 深澤 利雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外 2 名)

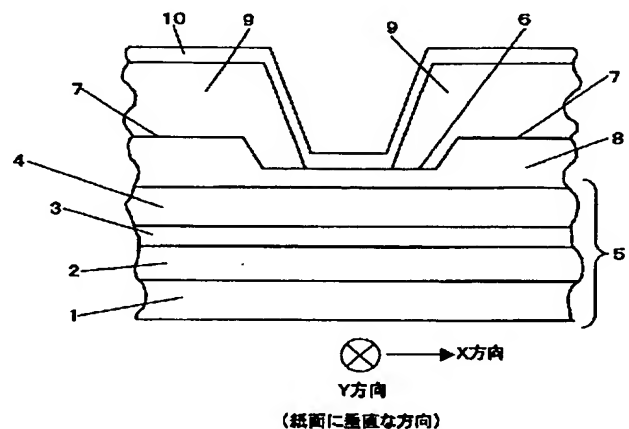
Fターム(参考) 5D034 BA04 BA12 DA07

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高記録密度化に伴う短波長の記録信号を再生するために狭ギャップレングス化された再生ヘッドにおいて、安定した縦バイアスを供給し、高感度で、且つ安定した再生性能を有する薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 磁気抵抗効果素子の最上部に形成されたフリー磁性層の上に膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜を成膜形成することによって、膜厚の大きな部分のバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の結合磁界を非常に強くし、膜厚の小さい部分のバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の結合磁界を小さくできるため、ギャップレングスに関わらずバルクハウゼンノイズが安定して抑えられ、且つ、再生感度を向上できる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下部シールド層と上部シールド層との間に絶縁材を介して磁気抵抗効果素子を有し、前記磁気抵抗効果素子に接して設けられた縦バイアス層と、信号電流を流すための電極リード層からなる磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、

反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層からなる磁気抵抗効果素子と、

膜厚差による段差のある第1の平面と第2の平面を有するバイアス反強磁性膜と、からなる構成を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 膜厚の小さい前記第1の平面を構成する前記バイアス反強磁性膜の部分に接している前記フリー磁性層の部分の反強磁性結合による結合磁界が  $8 \text{ k A/m}$  以下 ( $1000 \text{ Oe}$  以下)であることを特徴とする請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、前記磁気抵抗効果素子の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜を成膜した後、前記バイアス反強磁性層膜の一部を削除し、第1の平面を有する膜厚の小さい部分と第2の平面を有する膜厚の大きい部分とからなる段差のあるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、前記バイアス反強磁性膜の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、前記バイアス反強磁性膜の第1の平面の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程と、を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項4】 請求項3の第3の工程において、前記バイアス反強磁性膜の第1の平面上に茸型レジストを形成して、前記バイアス反強磁性膜の上に左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項3に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項5】 請求項3の第2の工程及び第3の工程において、前記フリー磁性層の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜を成膜する第2の工程と、

更に、その上を覆うように、電極リード層膜を成膜した後、前記バイアス反強磁性層膜の一部が削り取られて露出するように、前記電極リード層膜及び前記バイアス反強磁性層膜の夫々の一部を削除して、削除されて露出した前記バイアス反強磁性層膜の上面を第1の平面、成膜時の前記バイアス反強磁性層膜の上面を第2の平面とする膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜及び前記バイアス反強磁性膜の第2の平面上に左右一対の電極リード層を形成する第3の工程と、を有することを特徴とする請求項3に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項6】 下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性

2

層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、前記磁気抵抗効果素子を構成する前記フリー磁性層の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、前記第1のバイアス反強磁性膜の上面に茸型レジストを形成して、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成し、前記第1のバイアス反強磁性膜の露出している上面を第1の平面、前記第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、且つ、前記第1の平面の部分の膜厚は前記第1のバイアス反強磁性膜の膜厚であり、前記第2の平面の部分の膜厚は前記第1のバイアス反強磁性膜の膜厚と前記第2のバイアス反強磁性膜の膜厚との和であり、それらの間に膜厚差を有する段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、

前記第2のバイアス反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程と、を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項7】 請求項6の第2の工程において、前記磁気抵抗効果素子を構成する前記フリー磁性層の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、前記第1のバイアス反強磁性膜の上面に茸型レジストを形成して、前記第1のバイアス反強磁性膜の上面をクリーニングした後、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成し、前記第1のバイアス反強磁性膜の露出している上面を第1の平面、前記第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、前記第1の平面と前記第2の平面との間に膜厚差による段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程を有することを特徴とする請求項6に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項8】 請求項6の第3の工程において、前記第2の工程にて形成したレジストを削除した後、前記第1のバイアス反強磁性膜の露出した部分及び左右一対の前記第2のバイアス反強磁性膜の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、前記第1のバイアス反強磁性膜の少なくとも一部が露出するように、少なくとも前記電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項6或いは請求項7のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項9】 請求項6の第3の工程において、前記第2の工程にて形成したレジストを削除した後、前記第1のバイアス反強磁性膜の第1の平面の上に、茸型レジストを形成して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴とする請求項6或いは請求項7のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項10】 段差を有する前記バイアス反強磁性膜の上に形成された左右一対の前記電極リード層及び前記バイアス反強磁性膜の第1の平面の露出した部分の上を覆うように、キャップ層を形成する第4の工程を有することを特徴とする請求項3～請求項9のいずれかに記載

50

3

の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 1】 下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第 1 の工程と、前記フリー磁性層の上を覆うように第 1 のバイアス反強磁性膜を成膜し、更に、その上を覆うようにキャップ層を成膜した後、前記キャップ層の上に茸型レジストを形成して、前記第 1 のバイアス反強磁性膜が露出するように、少なくとも前記キャップ層の一部を削り取り、その上に、左右一対の第 2 のバイアス反強磁性膜を成膜形成して、前記キャップ層に接した前記第 1 のバイアス反強磁性膜の上面を第 1 の平面、前記第 2 のバイアス反強磁性膜の上面を第 2 の平面とし、且つ、前記第 1 の平面の部分の膜厚は前記第 1 のバイアス反強磁性膜の膜厚であり、前記第 2 の平面の部分の膜厚は前記第 1 のバイアス反強磁性膜の膜厚と前記第 2 のバイアス反強磁性膜の膜厚との和であり、それらの間に膜厚差を有する段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第 2 の工程と、前記第 2 のバイアス反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を成膜形成する第 3 の工程と、を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 2】 請求項 1 1 の第 3 の工程において、前記第 2 の工程にて形成されたレジストを削除した後、前記キャップ層の上に茸型レジストを形成して、左右一対の電極リード層を成膜形成する第 3 の工程を有することを特徴とする請求項 1 1 に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 1 3】 請求項 1 1 の第 3 の工程において、前記第 2 の工程にて形成されたレジストを削除した後、前記第 2 のバイアス反強磁性膜及び前記キャップ層の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、前記キャップ層の少なくとも一部が露出するように、少なくとも前記電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第 3 の工程を有することを特徴とする請求項 1 1 或いは請求項 1 2 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気ディスク装置（HDD 装置）等の磁気記録媒体に対して高密度の記録・再生を行う装置に適用され、特に、磁気抵抗効果素子のフリー磁性層に安定したバイアス磁界を与えて再生効率の高い磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】 近年、磁気ディスク装置（HDD 装置）等の磁気記録媒体に対する記録・再生において、処理速度の向上と記録容量の大容量化の必要性が増してきており、高記録密度化への取り組みが強化されつつある。

【0 0 0 3】 以下、従来の薄膜磁気ヘッドについて図面

4

を用いて説明する。

【0 0 0 4】 図 2 1 及び図 2 2 は、従来の薄膜磁気ヘッドを示す図であり、図 2 1 は斜視概略図、図 2 2 は薄膜磁気ヘッドの正面概略模式図である。

【0 0 0 5】 例えば、磁気ディスク装置における信号の磁気記録媒体への記録再生に用いられる薄膜磁気ヘッドは、図 2 1 に示すような所謂 MR（GMR）インダクティブ複合ヘッドと呼ばれているものが多い。

【0 0 0 6】 図 2 1 において、パーマロイ、Co 系アモルファス磁性膜或いは Fe 系合金磁性膜等の軟磁性材料で成膜された下部シールド層 2 1 1 の上に  $Al_2O_3$ 、 $AlN$  或いは  $SiO_2$  等の非磁性絶縁材料を用いて下部ギャップ絶縁層 2 1 2 が成膜され、更にその上面に磁気抵抗効果素子（MR 素子或いは GMR 素子。以下、GMR 素子と言う）2 1 3 が積層成膜形成され、GMR 素子 2 1 3 の左右両側端部に CoPt 合金等の材料で縦バイアス層 2 1 4 が成膜される。更に、GMR 素子 2 1 3 の上面とその両側面とのなす交線である稜線に接し、縦バイアス層 2 1 4 の上面に、Cu、Cr 或いは Ta 等の材料を用いて左右一対の電極リード層 2 1 5 が成膜される。ここで、縦バイアス層 2 1 4 の上面及び GMR 素子 2 1 3 の一部の上面にかかるようにして、電極リード層 2 0 5 を成膜しても良い。次に、電極リード層 2 1 5 と GMR 素子 2 1 3 の露出した部分の上に、下部ギャップ絶縁層 2 1 2 と同様の非磁性絶縁材料を用いて上部ギャップ絶縁層 2 1 6 を成膜する。更に、上部ギャップ絶縁層 2 1 6 の上に、下部シールド層 2 1 1 と同じような軟磁性材料を用いて上部シールド層 2 1 7 を成膜形成し、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド部 2 1 8 を構成する。

【0 0 0 7】 次に、上部シールド層 2 1 7 の上面に下部ギャップ絶縁層 2 1 2 と同様の非磁性絶縁材料を用いて記録ギャップ層 2 2 1 を成膜し、更に記録ギャップ層 2 2 1 を介して上部シールド層 2 1 7 に対向し、且つ、他の部分で上部シールド層 2 1 7 に接している上部磁極 2 2 2 を軟磁性材料を用いて成膜形成し、記録ギャップ層 2 2 1 を介して上部シールド層 2 1 7 と上部磁極 2 2 2 が対向している部分と上部磁極 2 2 2 が上部シールド層 2 1 7 に接している部分との間で、上部シールド層 2 1 7 と上部磁極 2 2 2 から絶縁材（図示せず）を介して絶縁された巻線コイル 2 2 3 が設けられて、記録用の誘導型薄膜磁気ヘッド部 2 2 0 を構成する。ここで、上部シールド層 2 1 7 は再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド部 2 1 8 のシールド機能と記録用誘導型薄膜磁気ヘッド部 2 2 0 の下部磁極機能とを兼ね備えた機能を有している。

【0 0 0 8】 巻線コイル 2 2 3 に記録電流が供給されることにより、記録用誘導型薄膜磁気ヘッド部 2 2 0 の上部磁極 2 2 2 と上部シールド層 2 1 7 に記録磁界が発生し、記録ギャップ層 2 2 1 を介して対向する上部磁極 2 2 2 と上部シールド層 2 1 7 との間に漏洩磁束が発生

5

し、磁気記録媒体に記録信号を記録する。また、信号が記録された磁気記録媒体に記録された信号の磁界を再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド部218で再生し、GMR素子213による抵抗変化に応じた再生信号を電極リード層215の端子から検出する。

【0009】図22に、薄膜磁気ヘッドの再生ヘッド部における磁気抵抗効果素子近傍の正面概略模式図を示すように、下部シールド層211の上面に成膜された下部ギャップ絶縁層212の上に、FeMn系合金膜、PtMn系合金膜等の材料である反強磁性層224、FeNi系合金膜、パーマロイ、Co、FeCo合金膜等を材料とする固定磁性層225、Cu等を材料とする非磁性層226、固定磁性層225と同様の材料とするフリー磁性層227及びTa等を材料とするキャップ層228が順次積層成膜され、イオンミリング等のエッチング工程で左右両側端部が傾斜した面を持つように削り取られてGMR素子213が形成されている。GMR素子213の左右両側端面に接して、左右一対の縦バイアス層214が形成され、その上に左右一対の電極リード層215が形成されている。更に、それらの上に、上部ギャップ絶縁層216が成膜され、更にその上に、上部シールド層217が形成され、再生用磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを構成している。近年、高記録密度化に対応した短波長の記録信号を再生するために、再生ヘッドギャップレングス229が益々小さくなってきている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記の従来の構成の薄膜磁気ヘッドの再生ヘッド部において、磁気記録媒体に短波長で記録された信号を再生するためには、再生ヘッドギャップレングスを小さくする必要がある。再生ヘッドギャップレングスは下部シールド層の上面から上部シールド層の下面までの距離即ち下部ギャップ絶縁層、GMR素子及び上部ギャップ絶縁層の夫々の膜厚の和であり、この距離を小さくすることはGMR素子の両側にある左右一対の縦バイアス層が下部シールド層或いは上部シールド層に接近することになり、縦バイアス層の磁界が下部シールド層或いは上部シールド層に逃げ易くなり、GMR素子の縦バイアス層近傍のフリー磁性層にはバイアス磁界がかかるが、フリー磁性層の中央部分（トラック幅方向の中央部分）ではバイアス磁界が弱まって、フリー磁性層の磁化の方向が不安定になり、ノイズが増加し、安定した再生信号が得られず、安定した再生信号を得るために、縦バイアス磁界を強くする対策を行うと、フリー磁性層の磁化は安定し、バルクハウゼンノイズは抑えられるが、感度が低下し、固定磁性層の磁化の方向も大きく傾き、対称性が悪化するという課題があった。

【0011】本発明は、上記の課題を解決し、GMR素子のフリー磁性層の上に形成された膜厚の異なる段差を有する反強磁性膜と反強磁性的に結合した結合磁界によ

6

って、フリー磁性層に安定した縦バイアスを加え、フリー磁性層の磁化の方向を安定させ、バルクハウゼンノイズの発生を抑え、再生性能の良好な磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために本発明の薄膜磁気ヘッドは、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層からなる磁気抵抗効果素子と、膜厚差による段差のある第1の平面と第2の平面を有するバイアス反強磁性膜とからなるようにした構成を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、膜厚の小さい第1の平面を構成するバイアス反強磁性膜の部分に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合による結合磁界が  $8\text{ kA/m}$  以下 ( $100\text{ Oe}$  以下) であるようにした構成を有している。

【0013】この構成によって、非常に強く磁化方向を固定したい部分（フリー磁性層のトラック幅部分以外の部分）に強いバイアス磁界をかけ、一方、バルクハウゼンノイズを抑えるためにバイアス磁界はかけなければならないが、強い磁界をかけると再生感度が低下するためあまり強い磁界をかけたくない部分（フリー磁性層のトラック幅部分）に最適なバイアス磁界をかけることが、それぞれの部分の反強磁性膜の膜厚によって容易に制御することが可能となる。つまり、膜厚の大きな第2の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層には、強い反強磁性結合による結合磁界が得られて、その磁化の方向は非常に安定したものとなり、そのため、膜厚の小さい第1の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合による結合磁界が小さくても、安定して膜厚の大きな第2の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の磁化の方向と同じ磁化の方向に向き易くなり、また、膜厚の小さい第1の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合磁界は小さいため、外部磁界即ち磁気記録媒体からの磁界によって、その磁化の方向が変化し易くなり、バルクハウゼンノイズの発生が少なく、再生感度が高く、再生性能を安定化させることができる。また、反強磁性膜との結合磁界によってバイアス磁界をかけるため、ギャップレングスに関わらず同様の効果を有し、かつ、このバイアス磁界が固定磁性層に与える影響はなく、それによる固定磁性層の磁化の傾きも生じないため、出力波形の対称性の劣化が抑えられる。また、第一の平面の部分の反強磁性膜の膜厚を最適に選ぶことによって、反強磁性膜とフリー磁性層との結合磁界を  $8\text{ kA/m}$  以下の強さに安定して与えることができ、再生性能の向上を図ることができる。

【0014】また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁

7

気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、磁気抵抗効果素子の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜を成膜した後、バイアス反強磁性層膜の一部を削除し、第1の平面を有する膜厚の小さい部分と第2の平面を有する膜厚の大きい部分とからなる段差のあるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、バイアス反強磁性膜の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、バイアス反強磁性膜の第1の平面の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程とを有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、バイアス反強磁性膜の第1の平面上に茸型レジストを形成して、バイアス反強磁性膜の上に左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、フリー磁性層の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜を成膜する第2の工程と、更に、その上を覆うように、電極リード層膜を成膜した後、バイアス反強磁性層膜の一部が削り取られて露出するように、電極リード層膜及びバイアス反強磁性層膜の夫々の一部を削除して、削除されて露出したバイアス反強磁性層膜の上面を第1の平面、成膜時のバイアス反強磁性層膜の上面を第2の平面とする膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜及びバイアス反強磁性膜の第2の平面上に左右一対の電極リード層を形成する第3の工程とを有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、磁気抵抗効果素子を構成するフリー磁性層の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、第1のバイアス反強磁性膜の上面に茸型レジストを形成して、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成し、第1のバイアス反強磁性膜の露出している上面を第1の平面、第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、且つ、第1の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚であり、第2の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚と第2のバイアス反強磁性膜の膜厚との和であり、それらの間に膜厚差を有する段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、第2のバイアス反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程とを有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、磁気抵抗効果素子を構成する前記フリー磁性層の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、第1のバイアス反強磁性膜の上面に茸型レジストを形成して、第1のバイアス反強磁性膜の上面をクリーニングした後、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成し、第1のバイアス反強磁性膜の露出している上面を第1の平面、第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、第1の平面と第2の平面との間に膜厚差による段差があるバイアス反強磁性膜を形成

8

する第2の工程を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、前記第2の工程にて形成したレジストを削除した後、第1のバイアス反強磁性膜の露出した部分及び左右一対の第2のバイアス反強磁性膜の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、第1のバイアス反強磁性膜の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、第2の工程にて形成したレジストを削除した後、第1のバイアス反強磁性膜の第1の平面の上に、茸型レジストを形成して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、段差を有するバイアス反強磁性膜の上に形成された左右一対の電極リード層及びバイアス反強磁性膜の第1の平面の露出した部分の上を覆うように、キャップ層を形成する第4の工程を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、フリー磁性層の上を覆うように第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、更に、その上を覆うようにキャップ層を成膜した後、キャップ層の上に茸型レジストを形成して、第1のバイアス反強磁性膜が露出するように、少なくともキャップ層の一部を削り取り、その上に、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成して、キャップ層に接した第1のバイアス反強磁性膜の上面を第1の平面、第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、且つ、第1の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚であり、第2の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚と第2のバイアス反強磁性膜の膜厚との和であり、それらの間に膜厚差を有する段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、第2のバイアス反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程とを有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、第2の工程にて形成されたレジストを削除した後、キャップ層の上に茸型レジストを形成して、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程を有している。また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法は、第2の工程にて形成されたレジストを削除した後、第2のバイアス反強磁性膜及びキャップ層の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、キャップ層の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有している。

【0015】この方法によって、膜厚差による段差を有する反強磁性膜をフリー磁性層の上に形成することにより、非常に強く磁化方向を固定したい部分(フリー磁性層のドラック幅部分以外の部分)に強いバイアス磁界をかけ、一方、バルクハウゼンノイズを抑えるためにバイ

9

アス磁界はかけなければならないが、強い磁界をかけると再生感度が低下するためあまり強い磁界をかけたくない部分(フリー磁性層のトラック幅方向中央部)に最適なバイアス磁界をかけることが、それぞれの部分の反強磁性膜の膜厚によって容易に制御することが可能な磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。つまり、左右の膜厚の大きな部分に接しているフリー磁性層は非常に強い反強磁性結合による結合磁界で結合され、一方ヘッドトラック部近傍においては、フリー磁性層は膜厚の小さい反強磁性膜に接しており、比較的小さな反強磁性結合磁界によって結合されるが、その磁化の方向は、膜厚の大きな反強磁性膜と強い反強磁性結合による結合磁界を有しているフリー磁性層の磁化の方向と同じ方向に向くことになり、非常に安定した磁化の方向が得られ、ノイズの少ない、再生感度の高い、高再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができる。更に、上面がクリーニングされた第1の反強磁性膜の上に、第2の反強磁性膜が成膜形成されるため、第1の反強磁性膜と第2の反強磁性膜の間で、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られ、フリー磁性層の磁化の方向が非常に安定した磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。また、キャップ層を形成することにより、反強磁性膜上面の酸化が防止され、耐食性も向上し、それらによる特性劣化が少ない、再生性能の優れた磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の発明は、下部シールド層と上部シールド層との間に絶縁材を介して磁気抵抗効果素子を有し、前記磁気抵抗効果素子に接して設けられた縦バイアス層と、信号電流を流すための電極リード層からなる磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層及びフリー磁性層からなる磁気抵抗効果素子と、膜厚差による段差のある第1の平面と第2の平面を有するバイアス反強磁性膜とからなる構成を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項2に記載の発明は、膜厚の小さい第1の平面を構成するバイアス反強磁性膜の部分に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合による結合磁界が  $8 \text{ kA/m}$  以下 ( $100 \text{ Oe}$  以下) であることを特徴としたものであり、非常に強く磁化方向を固定したい部分(フリー磁性層のトラック幅部分以外の部分)に強いバイアス磁界をかけ、一方、バルクハウゼンノイズを抑えるためにバイアス磁界はかけなければならないが、強い磁界をかけると再生感度が低下するためあまり強い磁界をかけたくない部分(フリー磁性層のトラック幅方向中央部)に最適なバイアス磁界をかけることが、それぞれの部分の反強磁性膜の膜厚によって容易に制御することが可能となる。つまり、膜厚の大きな第2の平面の部分の反強磁性膜に接している

10

フリー磁性層には、強い反強磁性結合による結合磁界が得られて、その磁化の方向は非常に安定したものとなり、そのため、膜厚の小さい第1の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合による結合磁界が小さくても、安定して膜厚の大きな第2の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の磁化の方向と同じ磁化の方向に向き易くなり、また、膜厚の小さい第1の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合磁界は小さいため、外部磁界即ち磁気記録媒体からの磁界によって、その磁化の方向が変化し易くなり、バルクハウゼンノイズの発生が少なく、再生感度が高く、再生性能を安定化させることができる。また、反強磁性膜との結合磁界によってバイアス磁界をかけるため、ギャップレングスに関わらず同様の効果を有し、かつ、このバイアス磁界が固定磁性層に与える影響はなく、それによる固定磁性層の磁化の傾きも生じないため、出力波形の対称性の劣化が抑えられる。また、第一の平面の部分の反強磁性膜の膜厚を最適に選ぶことによって、反強磁性膜とフリー磁性層との結合磁界を  $8 \text{ kA/m}$  以下の強さに安定して与えることができ、再生性能の向上を図ることができるという作用を有している。

【0017】また、本発明の請求項3に記載の発明は、下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、磁気抵抗効果素子の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜を成膜した後、バイアス反強磁性層膜の一部を削除し、第1の平面を有する膜厚の小さい部分と第2の平面を有する膜厚の大きい部分とからなる段差のあるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、バイアス反強磁性膜の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、バイアス反強磁性膜の第1の平面の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程とを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項4に記載の発明は、請求項3の第3の工程において、バイアス反強磁性膜の第1の平面上に茸型レジストを形成して、バイアス反強磁性膜の上に左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項5に記載の発明は、請求項3の第2の工程及び第3の工程において、フリー磁性層の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜を成膜する第2の工程と、更に、その上を覆うように、電極リード層膜を成膜した後、バイアス反強磁性層膜の一部が削り取られて露出するように、電極リード層膜及びバイアス反強磁性層膜の夫々の一部を削除して、削除されて露出したバイアス反強磁性層膜の上面を第1の平面、成膜時のバイアス反強磁性層膜の上面を第2の平面とする膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜及びバイアス反強磁性膜



11

の第2の平面上に左右一対の電極リード層を形成する第3の工程とを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項6に記載の発明は、下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、磁気抵抗効果素子を構成するフリー磁性層の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、第1のバイアス反強磁性膜の上面に茸型レジストを形成して、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成し、第1のバイアス反強磁性膜の露出している上面を第1の平面、第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、且つ、第1の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚であり、第2の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚と第2のバイアス反強磁性膜の膜厚との和であり、それらの間に膜厚差を有する段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、第2のバイアス反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程とを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項8に記載の発明は、請求項6の第3の工程において、第2の工程にて形成したレジストを削除した後、第1のバイアス反強磁性膜の露出した部分及び左右一対の第2のバイアス反強磁性膜の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、第1のバイアス反強磁性膜の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項9に記載の発明は、請求項6の第3の工程において、第2の工程にて形成したレジストを削除した後、第1のバイアス反強磁性膜の第1の平面の上に、茸型レジストを形成して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、非常に強く磁化方向を固定したい部分(フリー磁性層のトラック幅部分以外の部分)に強いバイアス磁界をかけ、一方、バルクハウゼンノイズを抑えるためにバイアス磁界はかけなければならないが、強い磁界をかけると再生感度が低下するためあまり強い磁界をかけたくない部分(フリー磁性層のトラック幅方向中央部)に最適なバイアス磁界をかけることが、それぞれの部分の反強磁性膜の膜厚によって容易に制御することが可能な磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。つまり、膜厚差による段差を有する反強磁性膜をフリー磁性層の上に形成することによって、左右の膜厚の大きな部分に接しているフリー磁性層は非常に強い反強磁性結合による結合磁界で結合され、一方ヘッドトラック部近傍においてはフリー磁性層は膜厚の小さい反強磁性膜に接しており、比較的小さな反強磁性結合磁界によって結合されるが、その磁化の方向は、膜厚の大きな反強磁性膜と強い反強磁性結合による結合磁界を有しているフリー磁性層の磁化の方向と同じ方向に向くことになり、非常に安定

12

した磁化の方向が得られ、ノイズの少ない、再生感度の高い、高再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができるという作用を有している。

【0018】また、本発明の請求項7に記載の発明は、請求項6の第2の工程において、磁気抵抗効果素子を構成するフリー磁性層の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、第1のバイアス反強磁性膜の上面に茸型レジストを形成して、第1のバイアス反強磁性膜の上面をクリーニングした後、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成し、第1のバイアス反強磁性膜の露出している上面を第1の平面、第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、第1の平面と第2の平面との間に膜厚差による段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程を有することを特徴としたものであり、膜厚差による段差を有する反強磁性膜をフリー磁性層の上に形成することによって、フリー磁性層には非常に安定した磁化の方向が得られることになり、更に、上面がクリーニングされた第1の反強磁性膜の上に、第2の反強磁性膜が成膜形成されるため、第1の反強磁性膜と第2の反強磁性膜の間で、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られ、フリー磁性層の磁化の方向が非常に安定したものとなり、ノイズの少ない、再生感度の高い、高再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができるという作用を有している。

【0019】また、本発明の請求項10に記載の発明は、段差を有するバイアス反強磁性膜の上に形成された左右一対の電極リード層及びバイアス反強磁性膜の第1の平面の露出した部分の上を覆うように、キャップ層を形成する第4の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項11に記載の発明は、下部ギャップ絶縁層の上に、反強磁性層、固定磁性層、非磁性層及びフリー磁性層を順次積層成膜して、磁気抵抗効果素子を形成する第1の工程と、フリー磁性層の上を覆うように第1のバイアス反強磁性膜を成膜し、更に、その上を覆うようにキャップ層を成膜した後、キャップ層の上に茸型レジストを形成して、第1のバイアス反強磁性膜が露出するように、少なくともキャップ層の一部を削り取り、その上に、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜を成膜形成して、キャップ層に接した第1のバイアス反強磁性膜の上面を第1の平面、第2のバイアス反強磁性膜の上面を第2の平面とし、且つ、第1の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚であり、第2の平面の部分の膜厚は第1のバイアス反強磁性膜の膜厚と第2のバイアス反強磁性膜の膜厚との和であり、それらの間に膜厚差を有する段差があるバイアス反強磁性膜を形成する第2の工程と、第2のバイアス反強磁性膜の上に、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程とを有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項12に記載の発明は、請求項11の第3の工程において、第2の工程にて形成されたレジストを削除

13

した後、キャップ層の上に茸型レジストを形成して、左右一対の電極リード層を成膜形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、また、本発明の請求項13に記載の発明は、請求項11の第3の工程において、第2の工程にて形成されたレジストを削除した後、第2のバイアス反強磁性膜及びキャップ層の上を覆うように、電極リード層膜を成膜し、キャップ層の少なくとも一部が露出するように、少なくとも電極リード層膜の一部を削除して、左右一対の電極リード層を形成する第3の工程を有することを特徴としたものであり、膜厚差による段差を有する反強磁性膜をフリー磁性層の上に形成することによって、フリー磁性層には非常に安定した磁化の方向が得られることになり、更に、少なくともバイアス反強磁性膜の露出している部分の上に、キャップ層を成膜することによって、バイアス反強磁性膜の露出した部分の酸化を防止し、耐食性を向上させることができ、それらによる特性劣化が少なく、ノイズの少ない、再生感度の高い、高再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができるという作用を有している。

【0020】以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

【0021】（実施の形態1）図1及び図2は、本発明の実施の形態1の概要を示す概略説明図で、図1は磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面側から見た正面概略模式図、図2は磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面側から見た薄膜磁気ヘッドの一部の正面概略模式図である。

【0022】図1において、パーマロイ、Co系アモルファス磁性膜或いはFe系微粒子磁性膜等の軟磁性材料を素材とする下部シールド層（図示せず）の上に成膜された $Al_2O_3$ 、 $AlN$ 或いは $SiO_2$ 等の非磁性絶縁材料を用いた下部ギャップ絶縁層（図示せず）の上に、 $IrMn$ 、 $\alpha Fe_2O_4$ 、 $NiO$ 、 $FeMn$ 系合金膜、 $PtMn$ 系合金膜等の材料である反強磁性層1、 $NiFe$ 系合金膜、 $Co$ 、 $CoFe$ 合金膜等を材料とする固定磁性層2、 $Cu$ 等を材料とする非磁性層3及び固定磁性層2と同様の強磁性材料を材料とするフリー磁性層4で構成された磁気抵抗効果素子5（MR素子或いはGMR素子。以下、GMR素子と言う）が構成されている。更に、GMR素子5を構成する最上部にあるフリー磁性層4の上面に、膜厚が異なることによって第1の平面6及び第2の平面7のある段差を有し、且つ、反強磁性層1とは異種の反強磁性材料（場合によっては、酸化金属膜を用いない方がよい）を用いてバイアス反強磁性膜8が形成されている。更に、バイアス反強磁性膜8の上に、左右一対の電極リード層9が形成されている。

【0023】尚、左右一対の電極リード層9及びバイアス反強磁性膜8の露出している部分の上に、 $Ta$ 等の非磁性材料を材料としてキャップ層10を成膜し、バイアス反強磁性膜8の露出した部分の酸化を防止し、耐食性を向上させるのが好ましい。

14

【0024】固定磁性層2或いはフリー磁性層4の夫々に磁化の方向を付加する反強磁性層1或いはバイアス反強磁性膜8への夫々の熱処理（アニール処理）は、キャップ層10が形成された後、且つキャップ層10、電極リード層9及びバイアス反強磁性膜8が所定の形状にパターンニングされて削り取られる前に、実施するのが良い。また、固定磁性層2に磁化の方向を設定するための反強磁性層1の熱処理条件とフリー磁性層に磁化の方向を付加するためのバイアス反強磁性膜8の熱処理条件とは、磁界の強さ、熱処理温度及び熱処理時間の少なくとも1つの条件が異なるように、反強磁性層1及びバイアス反強磁性膜8の夫々の材料を選定しなければならない。

【0025】固定磁性層2は、反強磁性層1と強く反強磁性結合し、その結合磁界によって、その磁化の方向がY方向（紙面に直角の方向）に強く固定されている。他方、フリー磁性層4は、その上面にある膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜8と反強磁性結合による結合磁界によって結合され、その磁化の方向がX方向（トラック幅方向）になるように磁化されているが、バイアス反強磁性膜8の膜厚によってその反強磁性結合による結合磁界の強さが異なることになり、膜厚の小さい第1の平面6の部分のバイアス反強磁性膜8に接しているフリー磁性層4の部分と、膜厚の大きい第2の平面7の部分のバイアス反強磁性膜8に接しているフリー磁性層4の部分では、その結合磁界の強さに差が生ずる。一般的に、膜厚が大きくなるにしたがって、その結合磁界も大きくなり、或る範囲以上になれば飽和するという特性を有し、その変化特性はバイアス反強磁性膜8の材料により異なる。

【0026】図3はフリー磁性層にかかる結合磁界の強さと再生出力の関係をシミュレーションした図であり、フリー磁性層に付加された磁界の強さが非常に強い場合に比較して小さい時の方が再生出力は非常に高くなることが分かる。特に、 $8kA/m$ 以下（ $100Oe$ 以下）で急激に出力が向上している。

【0027】従って、膜厚の小さい第1の平面6の部分のバイアス反強磁性膜8に接しているフリー磁性層4の部分において、バイアス反強磁性膜の第1の平面の部分の膜厚及びフリー磁性層に磁化の方向を与える熱処理条件（磁界の強さ、熱処理温度及び熱処理時間）を適当に設定し、バイアス反強磁性膜と第1の平面の部分のフリー磁性層との反強磁性結合による結合磁界が、 $8kA/m$ 以下（ $100Oe$ 以下）になるようにすることによって、高い再生出力を得ることができる。

【0028】また、GMR素子5を構成する固定磁性層2が、図2（a）に示すように、反強磁性層1の上に、第1の固定磁性層膜21、非磁性層膜22、第2の固定磁性層膜23が積層成膜された構成を有している積層固定磁性層24であっても良い。この時、第1の固定磁性



15

層膜21及び第2の固定磁性層膜23の間に介在する非磁性層膜22の膜厚によって、その非磁性層膜22を介して対向する第1の固定磁性層膜21及び第2の固定磁性層膜23の磁化の方向が夫々同じ方向になったり、或いはお互いに逆の方向になったりする。

【0029】また、GMR素子5を構成するフリー磁性層4が、図2(b)に示すように、フリー磁性層4と同様の材料を用いて、第1のフリー磁性層膜25、第2のフリー磁性層膜26、……、第nのフリー磁性層膜27と順次積層成膜され、且つ、隣り合うフリー磁性層膜の材料はお互いに異種の材料を用いて成膜されている積層フリー磁性層28でも良いのは言うまでもない。

【0030】尚、本実施の形態1において、磁気抵抗効果素子を構成する非磁性層としてCu等の非磁性導電材を用いた所謂GMR素子について説明してきたが、非磁性層として $Al_2O_3$ 等の非磁性絶縁材を用いた所謂TMR素子に対しても電極リード層等の構成を変えて本発明を適用することができるのは言うまでもないことである。

【0031】以上のように本実施の形態1によれば、非常に強く磁化方向を固定したい部分(フリー磁性層のトラック幅部分以外の部分)に強いバイアス磁界をかけ、一方、バルクハウゼンノイズを抑えるためにバイアス磁界はかけなければならないが、強い磁界をかけると再生感度が低下するためあまり強い磁界をかけたくない部分(フリー磁性層のトラック幅部分)に最適なバイアス磁界をかけることが、それぞれの部分の反強磁性膜の膜厚によって容易に制御することが可能となる。つまり、膜厚の大きな第2の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層には、強い反強磁性結合による結合磁界が得られて、その磁化の方向は非常に安定したものとなり、そのため、膜厚の小さい第1の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合による結合磁界が小さくても、安定して膜厚の大きな第2の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の磁化の方向と同じ磁化の方向に向き易くなり、また、膜厚の小さい第1の平面の部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合磁界は小さいため、外部磁界即ち磁気記録媒体からの磁界によって、その磁化の方向が変化し易くなり、バルクハウゼンノイズの発生が少なく、再生感度が高く、再生性能を安定化させることができる。また、バイアス反強磁性膜との結合磁界によってバイアス磁界をかけるため、ギャップレングスに関わらず同様の効果を有し、かつ、このバイアス磁界が固定磁性層に与える影響はなく、それによる固定磁性層の磁化の傾きも生じないため、出力波形の対称性の劣化が抑えられる。また、第一の平面の部分の反強磁性膜の膜厚を最適に選ぶことによって、反強磁性膜とフリー磁性層との結合磁界を $8\text{ kA/m}$ 以下の強さに安定して与えることができ、再生性能の向上を図ることができる。

16

【0032】また、積層固定磁性層にすることによって、反強磁性層との結合磁界による磁化の方向が非常に安定し、且つ、非磁性層膜の膜厚を適当な範囲で選ぶことによって、非磁性層膜を介して対向する2つの固定磁性層膜の間で、反強磁性的に強く結合させることができ、磁化の方向が強く固定され、且つ、お互いの磁化の方向が逆の方向になって端面磁荷による漏れ磁界が抑えられ、端面における磁化の方向も非常に安定したものとなる。

【0033】(実施の形態2) 図4～図11は本発明の実施の形態2を示す概略説明図であり、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造工程を説明するための工程概要説明図で、磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面の近傍をヘッド摺動面に平行な面で断面にした概略断面図である。以下、図面を用いて再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法を各工程順に説明する。

【0034】図4に示すように、 $AlTiC$ 等を材料とした基板40の上に成膜され、パーマロイ、Co系アモルファス磁性膜或いはFe系微粒子磁性膜等の軟磁性材料を素材とする下部シールド層41の上に $Al_2O_3$ 、 $AlN$ 或いは $SiO_2$ 等の非磁性絶縁材料を用いて下部ギャップ絶縁層42を成膜する。

【0035】次に、第1の工程として、図5(a)に示すように、下部ギャップ絶縁層42の上に、 $IrMn$ 、 $\alpha Fe_2O_3$ 、 $NiO$ 、 $FeMn$ 系合金膜、 $NiMn$ 系合金膜或いは $PtMn$ 系合金膜等の材料を用いて反強磁性層51を成膜し、更に、図5(b)に示すように、その上に、 $NiFe$ 系合金膜、Co或いは $CoFe$ 合金膜等を材料として固定磁性層52を成膜する。次に、図5(c)に示すように、固定磁性層52の上に、Cu等を材料とする非磁性層53を成膜する。更に、図5(d)に示すように、非磁性層53の上に、固定磁性層52と同様の材料を用いてフリー磁性層54を成膜し、反強磁性層51、固定磁性層52、非磁性層53及びフリー磁性層54が薄膜で順次積層成膜されたGMR素子55を形成する。

【0036】第2の工程として、図6(a)に示すように、GMR素子55の上に、GMR素子55を構成する反強磁性層51とは異種の反強磁性材料(但し、場合によっては、 $\alpha Fe_2O_3$ 、 $NiO$ 等の酸化金属材料は使わないほうが良い)を用いてバイアス反強磁性層膜61を成膜した後、図6(b)に示すように、GMR素子55及びバイアス反強磁性層膜61の略中央部即ちヘッドトラック幅を形成する部分の近傍において、フォトリソを塗布してバイアス反強磁性層膜61の一部をドライエッチング等の方法により削り取り、削り取られて膜厚が小さくなっている第1の平面62及び左右の削り取られていない膜厚の大きい第2の平面63を有する段差のある反強磁性膜64を形成する。

【0037】第3の工程として、図7(a)に示すよう

17

に、Cu、Cr 或いはTa等の非磁性材料を用いて電極リード層膜71を段差のあるバイアス反強磁性膜64の上に成膜し、図7(b)に示すように、バイアス反強磁性膜64の膜厚の小さい部分の第1の平面62の一部が露出するように、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により、少なくとも電極リード層膜71の一部を削り取って、左右一対の電極リード層72を形成する。第4の工程として、図8に示すように、左右一対の電極リード層72及びバイアス反強磁性膜64の第1の平面62の一部の露出した部分の上に、Ta等の材料を用いてキャップ層81を成膜する。

【0038】次に、図示しないが、キャップ層81、左右一対の電極リード層72及びバイアス反強磁性膜64を所定の形状にパターニングして削り取り、更に、それらの上に、下部ギャップ絶縁層42と同様の絶縁材料を用いて上部ギャップ絶縁層を成膜し、更に、その上に、下部シールド層41と同様の軟磁性材料を用いて上部シールド層を成膜形成して、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製する。

【0039】また、前述の第1の工程として、図9(a)に示すように、下部ギャップ絶縁層42の上に、反強磁性層51を成膜し、更にその上に、NiFe系合金膜、Co 或いはCoFe合金膜等を材料とした第1の固定磁性層膜901、Ru等の非磁性材料を用いた第1の非磁性層膜902、第1の固定磁性層膜901と同様の材料を用いた第2の固定磁性層膜903を順次積層成膜して、積層固定磁性層91を形成し、その上に、Cu等を材料とする非磁性層53及び第1の固定磁性層膜901等の材料と同様の材料を用いたフリー磁性層54を順次成膜して、GMR素子92を形成しても良い。

【0040】また、前述の第1の工程として、図9(b)に示すように、下部ギャップ絶縁層42の上に、反強磁性層51、固定磁性層52及び非磁性層53を順次成膜し、更に、その上に第1のフリー磁性層膜911、第2のフリー磁性層膜912、……、第nのフリー磁性層膜913 (nは2以上の正の整数)を順次積層成膜して、積層フリー磁性層93を形成して、GMR素子94を形成しても良い。

【0041】また、第1の工程にて積層成膜してGMR素子55を形成する装置と第2の工程にてバイアス反強磁性層膜61を成膜する装置が異なる場合には、第2の工程として、フリー磁性層54の上面をAr等によるブリスパッタ 或いはECR等の方法によってクリーニングし、フリー磁性層54の上面の酸化膜、異物 或いは汚れ等を取り除いた後、図6に示すように、バイアス反強磁性層膜61を成膜して、ドライエッチング等の方法により、バイアス反強磁性層膜61の一部を削り取り、膜厚差を有する段差のあるバイアス反強磁性膜64を形成した方が好ましい。この時、フリー磁性層54の上面をクリーニングすることによって、フリー磁性層54とバイ

18

アス反強磁性膜64との間には異物の介在がなく、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られるため、バイアス反強磁性膜64とフリー磁性層54の結合磁界の強さが低下することなく、より安定した結合磁界を得ることができる。

【0042】また、前述の第3の工程において、図10に示すように、バイアス反強磁性膜64の第1の平面62の上に、茸型レジスト101を形成して、バイアス反強磁性膜64の上に左右一対の電極リード層102を成膜形成しても良い。

【0043】また、第2の工程及び第3の工程において、第2の工程として、前述の第2の工程と同様にして図6(a)に示すように、フリー磁性層54の上を覆うように、バイアス反強磁性層膜61を成膜した後、第3の工程として、図11(a)に示すように、更にその上を覆うように、電極リード層膜111を成膜し、図11(b)に示すように、フォトリソを塗布して、電極リード層膜111及びバイアス反強磁性層膜61の一部をドライエッチング等の方法により削り取って、中央部の膜厚が小さい第1の平面112を有し、左右に膜厚の大きい第2の平面113を有する段差のあるバイアス反強磁性膜114及びバイアス反強磁性膜114の第2の平面113の上に左右一対の電極リード層115を形成しても良い。尚、バイアス反強磁性層膜61を成膜する前に、フリー磁性層54の上面をクリーニングしておいても良いのは言うまでもない。

【0044】以上のように本実施の形態2によれば、非常に強く磁化方向を固定したい部分(フリー磁性層のトラック幅部分以外の部分)に強いバイアス磁界をかけ、一方、バルクハウゼンノイズを抑えるためにバイアス磁界はかけなければならないが、強い磁界をかけると再生感度が低下するためあまり強い磁界をかけたくない部分(フリー磁性層のトラック幅部分)に最適なバイアス磁界をかけることが、それぞれの部分の反強磁性膜の膜厚によって容易に制御することが可能な磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製することができる。つまり、バイアス反強磁性膜とフリー磁性層との反強磁性結合した結合磁界は、バイアス反強磁性膜の膜厚によって変化する。即ち、バイアス反強磁性膜の膜厚が大きい程、結合磁界が大きくなり、ある程度以上の膜厚になればその結合磁界が飽和するという特性を利用して、膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜をフリー磁性層の上に形成することによって、左右の膜厚の大きな部分に接しているフリー磁性層は非常に強い結合磁界で結合され、一方ヘッドトラック部近傍においてはフリー磁性層は膜厚の小さいバイアス反強磁性膜に接しており、比較的小さな結合磁界によって結合されるが、その磁化の方向は、膜厚の大きなバイアス反強磁性膜と強い結合磁界を有しているフリー磁性層の磁化の方向と同じ方向に向くことになり、非常に安定した磁化の方向が得られることになり、

19

ノイズの少ない、再生感度の高い、高再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができる。また、バイアス反強磁性膜との結合磁界によってバイアス磁界をかけるため、ギャップレングスに関わらず同様の効果を有し、かつ、このバイアス磁界が固定磁性層に与える影響はなく、それによる固定磁性層の磁化の傾きも生じないため、出力波形の対称性の劣化が抑えられた磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができる。

【0045】尚、キャップ層を成膜することにより、バイアス反強磁性膜の露出した部分の酸化を防止し、耐食性を向上させることができる。

【0046】また、固定磁性層或いはフリー磁性層の夫々に磁化の方向を付加する反強磁性層或いはバイアス反強磁性膜への夫々の熱処理（アニール処理）は、キャップ層が形成された後、且つキャップ層、電極リード層及びバイアス反強磁性膜が所定の形状にパターンニングされて削り取られる前に、実施するのが良い。また、固定磁性層に磁化の方向を設定するための反強磁性層の熱処理条件とフリー磁性層に磁化の方向を付加するためのバイアス反強磁性膜の熱処理条件とは、磁界の強さ、熱処理温度及び熱処理時間の少なくとも1つの条件が異なるように、反強磁性層及びバイアス反強磁性膜の夫々の材料を選定しなければならない。

【0047】尚、積層固定磁性層を形成することによって、所定の方向に磁化の方向が強く固定された固定磁性層の端面磁荷による漏れ磁界を、非磁性層膜を介して形成された固定磁性層膜で打ち消すことになり、ノイズを抑えることに効果がある。

【0048】（実施の形態3）図12～図16は本発明の実施の形態3を示す概略説明図であり、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造工程を説明するための工程概要説明図で、磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面の近傍をヘッド摺動面に平行な面で断面にした概略断面図である。以下、図面を用いて再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法を各工程順に説明する。

【0049】前述の実施の形態2と同様にして、第1の工程として、図5（a）に示すように、下部ギャップ絶縁層42の上に、 $\text{IrMn}$ 、 $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{NiO}$ 、 $\text{FeMn}$ 系合金膜、 $\text{NiMn}$ 系合金膜或いは $\text{PtMn}$ 系合金膜等の材料を用いて反強磁性層51を成膜し、更に、図5（b）に示すように、その上に、 $\text{NiFe}$ 系合金膜、 $\text{Co}$ 或いは $\text{CoFe}$ 合金膜等を材料として固定磁性層52を成膜する。次に、図5（c）に示すように、固定磁性層52の上に、 $\text{Cu}$ 等を材料とする非磁性層53を成膜する。更に、図5（d）に示すように、非磁性層53の上に、固定磁性層52と同様の材料を用いてフリー磁性層54を成膜し、反強磁性層51、固定磁性層52、非磁性層53及びフリー磁性層54が薄膜で順次積層成膜されたGMR素子55を形成する。

【0050】第2の工程として、図12（a）に示すよ

20

うに、GMR素子55の上に、GMR素子55を構成する反強磁性層51とは異種の反強磁性材料（但し、場合によっては、 $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{NiO}$ 等の酸化金属材料は使わないほうが良い）を用いて第1のバイアス反強磁性膜121を成膜する。次に、図12（b）に示すように、茸型レジスト122を形成して、第1のバイアス反強磁性膜121の上に、第1のバイアス反強磁性膜121と同様の反強磁性材料を用いて左右一対の第2のバイアス反強磁性膜123を成膜形成し、第1のバイアス反強磁性膜121の上面である第1の平面124とその第1のバイアス反強磁性膜121の上に形成された第2のバイアス反強磁性膜123の上面である第2の平面125を有し、第1の平面部ではその膜厚は第1のバイアス反強磁性膜121の膜厚そのものであり、第2の平面部では第1のバイアス反強磁性膜121と第2のバイアス反強磁性膜123の夫々の膜厚の和であり、膜厚差による段差を有するバイアス反強磁性膜126を形成することができる。ここで、第1のバイアス反強磁性膜121及び第2のバイアス反強磁性膜123の材料は、フリー磁性層54に磁化の方向を付加するための熱処理条件（加える磁界の強さ、熱処理温度及び熱処理時間）が固定磁性層52に磁化の方向を付加するための反強磁性層51の熱処理条件と少なくとも1つの条件において異なるように選ばなければならない。また、第1のバイアス反強磁性膜121と第2のバイアス反強磁性膜123の材料は、第2の反強磁性膜123を形成することによりフリー磁性層との結合磁界が大きくなるのであれば異種の反強磁性材料であっても良く、この時、第1のバイアス反強磁性膜121と第2のバイアス反強磁性膜123に適した条件で熱処理を実施することが必要になる。

【0051】第3の工程として、図13に示すように、茸型レジスト122を利用して、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜123の上に、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Cr}$ 或いは $\text{Ta}$ 等の非磁性材料を用いて左右一対の電極リード層131を成膜形成する。

【0052】第4の工程として、図14に示すように、左右一対の電極リード層131及び第1のバイアス反強磁性膜121の露出した部分の上に、 $\text{Ta}$ 等の材料を用いてキャップ層141を成膜する。

【0053】次に、図示しないが、キャップ層141、左右一対の電極リード層131及びバイアス反強磁性膜126を所定の形状にパターンニングして削り取り、更に、それらの上に、下部ギャップ絶縁層42と同様の絶縁材料を用いて上部ギャップ絶縁層を成膜し、更に、その上に、下部シールド層41と同様の軟磁性材料を用いて上部シールド層を成膜形成して、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを作製する。

【0054】尚、前述の実施の形態2の第1の工程の他の例と同様にして、積層固定磁性層或いは積層フリー磁性層を形成して、GMR素子を形成することができるの

21

は言うまでもない。

【0055】また、第2の工程の他の一例として、図12(b)に示すように、茸型レジスト122を形成して、第1のバイアス反強磁性膜121の上面をAr等によるプリスパッタ或いはECR等の方法によってクリーニングし、第1のバイアス反強磁性膜121の表面の酸化膜、レジストの残滓、異物或いは汚れ等を取り除いた後、第1のバイアス反強磁性膜121の上に、第1のバイアス反強磁性膜121と同様の反強磁性材料を用いて左右一対の第2のバイアス反強磁性膜123を成膜形成することにより、第1のバイアス反強磁性膜121と第2のバイアス反強磁性膜123との間には異物の介在がなく、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られるため、バイアス反強磁性膜とフリー磁性層の結合磁界の強さが低下することなく、より安定した結合磁界を得ることができる。。

【0056】また、第2の工程の他の例として、前述の実施の形態2の第2の工程の他の例と同じように、第2の工程における第1のバイアス反強磁性層膜61を成膜する装置が第1の工程におけるGMR素子55を形成する装置と異なるときは、フリー磁性層54の上面をAr等によるプリスパッタ或いはECR等の方法によってクリーニングし、フリー磁性層54の表面の酸化膜、レジストの残滓、異物或いは汚れ等を取り除いた後、図12に示す第2の工程と同じようにして、クリーニングされたフリー磁性層54の上を覆うように第1のバイアス反強磁性膜121を成膜し、その上に茸型レジスト122を形成して、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜123を成膜形成した方がよい。前述の実施の形態2と同様に、バイアス反強磁性膜とフリー磁性層の結合磁界の強さが低下することなく、より安定した結合磁界を得ることができる。

【0057】また、第3の工程の他の一例として、第2の工程で形成した茸型レジストを削除した後、図15

(a)に示すように、左右一対の第2のバイアス反強磁性膜123及び第1のバイアス反強磁性膜121の露出した部分の上を覆うように、電極リード層膜151を成膜し、図15(b)に示すように、第1のバイアス反強磁性膜121の第1の平面124の一部が露出するように、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により、少なくとも電極リード層膜151の一部を削除して、左右一対の電極リード層152を形成しても良い。

【0058】また、第3の工程の他の例として、第2の工程で形成した茸型レジストを削除した後、図16に示すように、第1のバイアス反強磁性膜121の上に、別の茸型レジスト161を形成して、左右一対の電極リード層162を成膜形成しても良い。

【0059】以上のように本実施の形態3によれば、前述の実施の形態2と同様に、膜厚の大きなバイアス反

22

磁性膜に接しているフリー磁性層は非常に強い結合磁界によりバイアス反強磁性膜と反強磁性結合し、膜厚の小さいバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の磁化の方向は、膜厚の大きなバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層と同じ磁化の方向に安定して向くことになり、非常に安定した磁化の方向が得られ、また、上面がクリーニングされた第1の反強磁性膜の上に、第2の反強磁性膜を成膜形成することによって、第1の反強磁性膜と第2の反強磁性膜の間で、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られ、膜厚の大きな反強磁性膜と強い反強磁性結合による結合磁界を有しているフリー磁性層の磁化の方向が非常に安定したものとなり、ノイズの少ない、再生感度の高い、高再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができる。また、バイアス反強磁性膜との結合磁界によってバイアス磁界をかけるため、ギャップレングスに関わらず同様の効果を有し、かつ、このバイアス磁界が固定磁性層に与える影響はなく、それによる固定磁性層の磁化の傾きも生じないため、出力波形の対称性の劣化が抑えられた磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができる。

【0060】尚、前述の実施の形態2～実施の形態3において、固定磁性層及びフリー磁性層に夫々所定の方向に磁化の方向を付加する熱処理は、第4の工程として、キャップ層が成膜された後、且つ、キャップ層、電極リード層、バイアス反強磁性膜及びGMR素子が所定の形状にパターンニングされて削り取られる前に、実施するのが好ましい。ここで、固定磁性層に磁化の方向を付加する反強磁性層への熱処理条件（磁界の強さ、処理温度及び処理時間）と、フリー磁性層に磁化の方向を付加するバイアス反強磁性膜への熱処理条件は少なくとも1つの条件項目が異なるように、夫々固定磁性層に接する反強磁性層及びフリー磁性層に接するバイアス反強磁性膜の材料を選ばねばならないのは言うまでもない。

【0061】（実施の形態4）図17～図20は、本発明の実施の形態4を示す概略説明図であり、再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造工程を説明するための工程概要説明図で、磁気記録媒体に対向するヘッド摺動面の近傍をヘッド摺動面に平行な面で断面にした概略断面図である。以下、図面を用いて再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法を各工程順に説明する。

【0062】前述の実施の形態2の第1の工程と同じようにして、図5に示されるように、反強磁性層51、固定磁性層52、非磁性層53及びフリー磁性層54が順次積層成膜されたGMR素子55を形成する。

【0063】第2の工程として、図17(a)に示すように、GMR素子55の最上部にあるフリー磁性層54の上を覆うように、第1のバイアス反強磁性膜171を成膜し、更にその上に、キャップ層172を成膜する。次に、図17-(b)-に示すように、キャップ層172の上に茸型レジスト173を形成して、第1のバイアス反

23

強磁性膜 171 の表面が左右に露出するように、キャップ層 172 を削り取り、図 17 (c) に示すように、その上に、左右一対の第 2 のバイアス反強磁性膜 174 を成膜形成して、膜厚の異なる段差を有する反強磁性膜 175 を形成する。

【0064】第 3 の工程として、図 18 に示すように、茸型レジスト 173 を利用して、左右一対の第 2 のバイアス反強磁性膜 174 の上に、Cu、Cr 或いは Ta 等の非磁性材料を用いて左右一対の電極リード層 181 を成膜形成する。

【0065】それ以降の工程は、前述の実施の形態 2 と同じである。

【0066】尚、前述の実施の形態 2 の第 1 の工程の他の例と同様にして、積層固定磁性層或いは積層フリー磁性層を形成しても良いことは言うまでもない。

【0067】また、第 2 の工程の他の一例として、前述の実施の形態 3 の第 2 の工程の他の一例と同じように、図 17 (b) に示すように、キャップ層 172 の上に茸型レジスト 173 を形成して、第 1 のバイアス反強磁性膜 171 の表面が左右に露出するように、キャップ層 172 を削り取り、別の装置を用いて第 2 のバイアス反強磁性膜を成膜形成する場合には、露出した第 1 のバイアス反強磁性膜 171 の上面を Ar 等によるブリスパッタ或いは ECR 等の方法によってクリーニングし、第 1 のバイアス反強磁性膜 171 の表面の酸化膜、レジストの残滓、異物或いは汚れ等を取り除いた後、第 1 のバイアス反強磁性膜 171 の上に、左右一対の第 2 のバイアス反強磁性膜 174 を成膜形成して、膜厚の異なる段差を有する反強磁性膜 175 を形成した方が好ましい。上面がクリーニングされた第 1 の反強磁性膜の上に、第 2 の反強磁性膜を成膜形成することによって、第 1 の反強磁性膜と第 2 の反強磁性膜の間で、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られ、膜厚の大きな反強磁性膜と強い反強磁性結合による結合磁界を有しているフリー磁性層の磁化の方向が非常に安定したものとなる。

【0068】また、第 2 の工程における第 1 のバイアス反強磁性層膜 171 を成膜する装置が第 1 の工程における GMR 素子 55 を形成する装置と異なる場合は、第 2 の工程の他の一例として、前述の実施の形態 3 の第 2 の工程の他の例と同じように、フリー磁性層 54 の上面を Ar 等によるブリスパッタ或いは ECR 等の方法によってクリーニングし、フリー磁性層 54 の表面の酸化膜、レジストの残滓、異物或いは汚れ等を取り除いた後、図 17 に示す第 2 の工程と同じようにして、クリーニングされたフリー磁性層 54 の上を覆うように第 1 のバイアス反強磁性膜 171 を成膜し、更にその上に、キャップ層 172 を成膜して、その上に茸型レジスト 173 を形成して、左右一対の第 2 のバイアス反強磁性膜 174 を成膜形成した方が良い。この時、フリー磁性層 54 の上

24

面をクリーニングすることによって、フリー磁性層 54 と第 1 のバイアス反強磁性膜 171 との間には異物の存在がなく、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られるため、バイアス反強磁性膜とフリー磁性層の結合磁界の強さが低下することなく、より安定した結合磁界を得ることができる。

【0069】また、第 3 の工程の他の一例として、第 2 の工程で形成された茸型レジストを削除した後、図 19 に示すように、第 2 のバイアス反強磁性膜 174 及び露出しているキャップ層 172 の上を覆うように、電極リード層膜 191 を成膜し、その後、キャップ層 172 の一部が露出するように、フォトリソを塗布してドライエッチング等の方法により電極リード層膜 191 を削り取り、左右一対の電極リード層 192 を形成しても良い。また、電極リード層を削り取った後、バイアス反強磁性膜 171 を削らないようにキャップ層 172 の材料を選択することも可能である。

【0070】また、第 3 の工程の他の例として、第 2 の工程で形成された茸型レジストを削除した後、図 20 に示すように、キャップ層 172 の上に、別の茸型レジスト 201 を形成して、左右一対の電極リード層 202 を形成しても良い。

【0071】尚、固定磁性層及びフリー磁性層に夫々所定の方向に磁化の方向を付加するための反強磁性層及びバイアス反強磁性膜への夫々の熱処理は、キャップ層が成膜された後、且つ、バイアス反強磁性膜及び GMR 素子が所定の形状にパターニングされて削り取られる前に、実施するのが好ましい。ここで、固定磁性層に磁化の方向を付加するための反強磁性層への熱処理条件（磁界、処理温度及び処理時間）と、フリー磁性層に磁化の方向を付加するためのバイアス反強磁性膜への熱処理条件は少なくとも 1 つの条件項目が異なるように、夫々固定磁性層に接する反強磁性層及びフリー磁性層に接するバイアス反強磁性膜の材料を選ばねばならないのは言うまでもない。

【0072】以上のように本実施の形態 4 によれば、前述の前述の実施の形態 2 及び実施の形態 3 と同様に、膜厚の大きなバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の非常に強い反強磁性結合により、膜厚の小さいバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の磁化の方向は、膜厚の大きなバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層と同じ磁化の方向に向き易くなることになり、非常に安定した磁化の方向が得られ、また、上面がクリーニングされた第 1 の反強磁性膜の上に、第 2 の反強磁性膜を成膜形成することによって、第 1 の反強磁性膜と第 2 の反強磁性膜の間で、非常に良好な密着性および磁気的な結合が安定して得られ、膜厚の大きな反強磁性膜と強い反強磁性結合による結合磁界を有しているフリー磁性層の磁化の方向が非常に安定したものとなり、また、本製造方法によって第 1 の反強磁性膜の上にキャッ



ブ層を設けることによって、バイアス反強磁性膜が露出する時間を大幅に削減できるため、バイアス反強磁性膜の特性劣化を抑えることができ、バルクハウゼンノイズの少ない、再生感度の高い、優れた再生性能の磁気抵抗効果型薄膜ヘッドを作製することができる。

#### 【0073】

【発明の効果】以上のように本発明は、反強磁性膜に接している軟磁性膜の結合磁界は、反強磁性膜の膜厚が大きければ大きくなり、ある範囲以上になれば略飽和するという特性を利用して、GMR素子のフリー磁性層の上に、ヘッドトラックを構成する部分の近傍では膜厚が小さく、ヘッドトラック近傍以外は膜厚が大きくなるように段差を有するバイアス反強磁性膜を設けることによって、膜厚の大きな部分のバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分は、バイアス反強磁性膜と反強磁性結合して非常に強い結合磁界で結合され、その磁化の方向は非常に安定したものとなり、そのため膜厚の小さい部分のバイアス反強磁性膜に接している部分のフリー磁性層は小さい結合磁界でも、安定して膜厚の大きいバイアス反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の磁化方向と同じ方向に向き易く安定した磁化の方向が得られ、また、膜厚の小さい部分の反強磁性膜に接しているフリー磁性層の部分の反強磁性結合磁界が小さいため、磁気記録媒体からの磁界によって磁化の方向が変化し易くなり、バルクハウゼンノイズが小さく、再生感度の高い等の再生性能を向上できるという効果が、再生ギャップレングスに関わらず得らる。また、そのような優れた再生性能を有する磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドが作製できるという効果を有している。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1を示す薄膜磁気ヘッドの正面概略模式図

【図2】本発明の実施の形態1の他の例を示す薄膜磁気ヘッドの一部の正面概略模式図

【図3】本発明の実施の形態1を説明するためのフリー磁性層に付加された層間結合磁界の強さと再生出力の関係を示すグラフ

【図4】本発明の実施の形態2を説明する薄膜磁気ヘッドの製造工程の一部の工程を示す概略説明図

【図5】本発明の実施の形態2における第1の工程を示す概略説明図

【図6】本発明の実施の形態2における第2の工程を示す概略説明図

【図7】本発明の実施の形態2における第3の工程を示す概略説明図

【図8】本発明の実施の形態2における第4の工程を示す概略説明図

【図9】本発明の実施の形態2における第1の工程の他の例を示す概略説明図

【図10】本発明の実施の形態2における第3の工程の

他の一例を示す概略説明図

【図11】本発明の実施の形態2における第3の工程の他の例を示す概略説明図

【図12】本発明の実施の形態3における第2の工程を示す概略説明図

【図13】本発明の実施の形態3における第3の工程を示す概略説明図

【図14】本発明の実施の形態3における第4の工程を示す概略説明図

【図15】本発明の実施の形態3における第3の工程の他の例を示す概略説明図

【図16】本発明の実施の形態3における第3の工程の他の例を示す概略説明図

【図17】本発明の実施の形態4における第2の工程を示す概略説明図

【図18】本発明の実施の形態4における第3の工程を示す概略説明図

【図19】本発明の実施の形態4における第3の工程の他の一例を示す概略説明図

【図20】本発明の実施の形態4における第3の工程の他の例を示す概略説明図

【図21】従来の薄膜磁気ヘッドを示す斜視概略図

【図22】従来の薄膜磁気ヘッドを示す正面概略模式図

【符号の説明】

1、51、224 反強磁性層

2、52、225 固定磁性層

3、53、226 非磁性層

4、54、227 フリー磁性層

5、55、92、94、213 磁気抵抗効果素子（GMR素子）

6、62、112、124 第1の平面

7、63、113、125 第2の平面

8、64、114、126、175 バイアス反強磁性膜

9、72、102、115、131、152、162、

181、192、202、215 電極リード層

10、81、141、172、228 キャップ層

40 基板

41、211 下部シールド層

42、212 下部ギャップ絶縁層

61 バイアス反強磁性層膜

71、111、151、191 電極リード層膜

91 積層固定磁性層

93 積層フリー磁性層

101、122、161、163、201 茸型レジスト

121、171 第1のバイアス反強磁性膜

123、174 第2のバイアス反強磁性膜

214 縦バイアス層 - - - - -

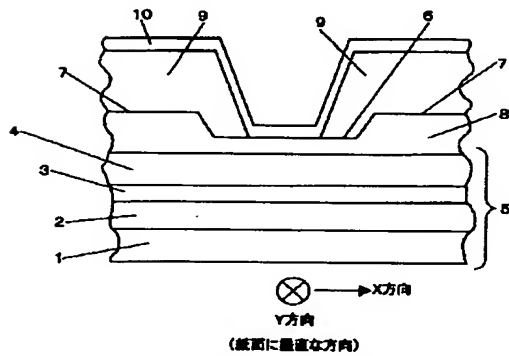
216 上部ギャップ絶縁層



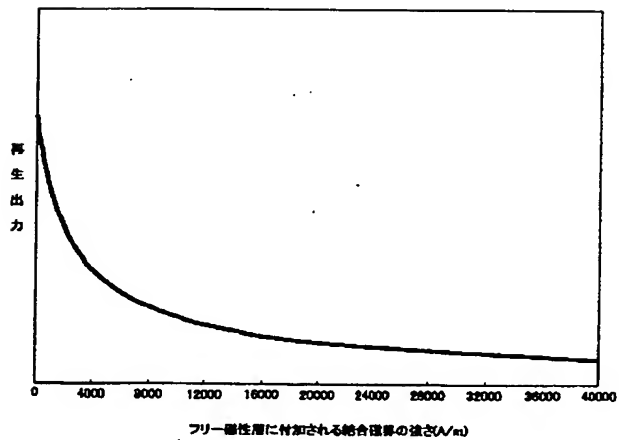
217 上部シールド層  
 218 再生用磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド  
 220 記録用誘導型薄膜磁気ヘッド  
 221 記録ギャップ層  
 222 上部磁極  
 223 巻線コイル  
 229 再生ヘッドギャップレングス

901 第1の固定磁性層膜  
 902 第1の非磁性層膜  
 903 第2の固定磁性層膜  
 911 第1のフリー磁性層膜  
 912 第2のフリー磁性層膜  
 913 第nのフリー磁性層膜

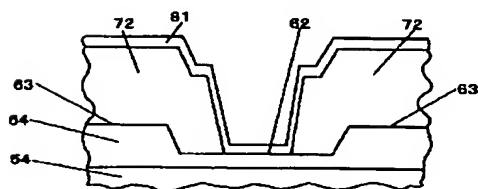
【図1】



【図3】

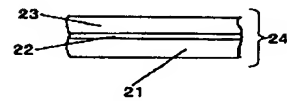


【図8】

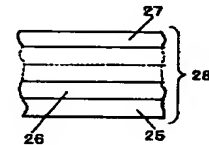


【図2】

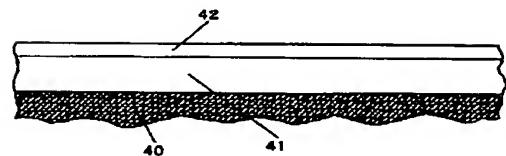
(a)



(b)

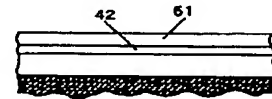


【図4】

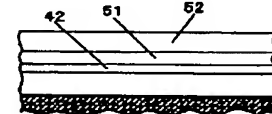


【図5】

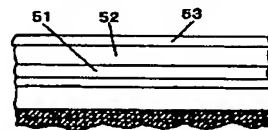
(a)



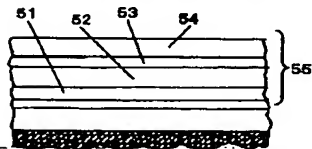
(b)



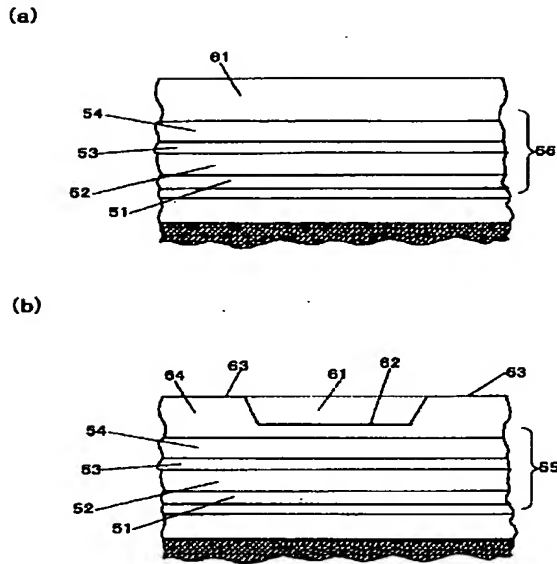
(c)



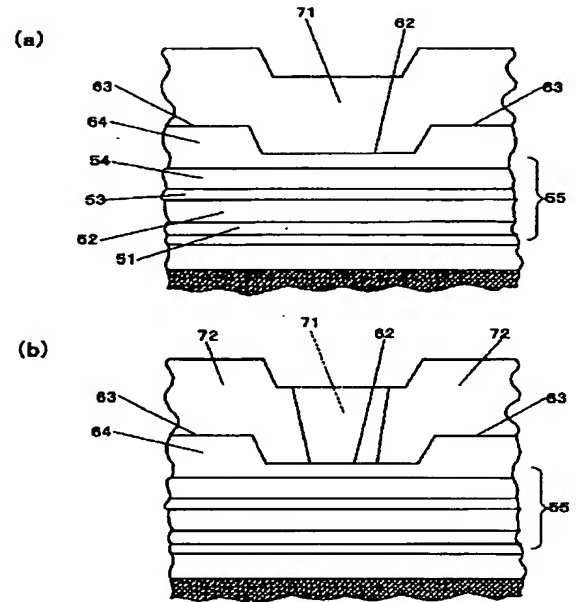
(d)



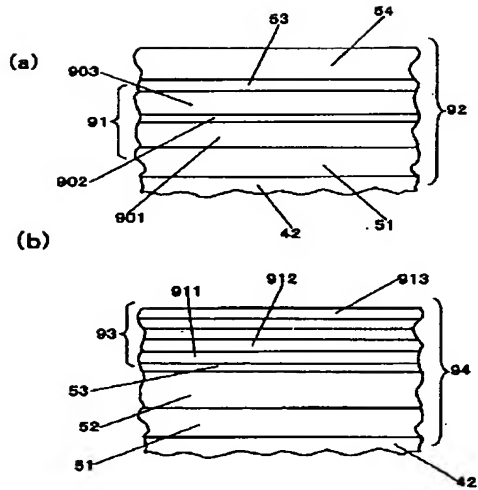
【図6】



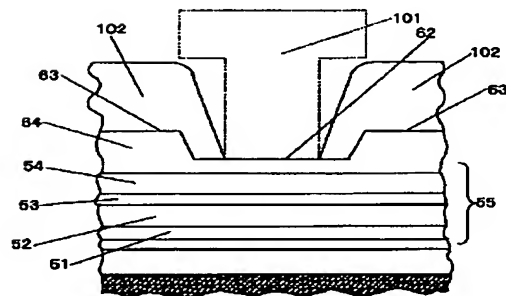
【図7】



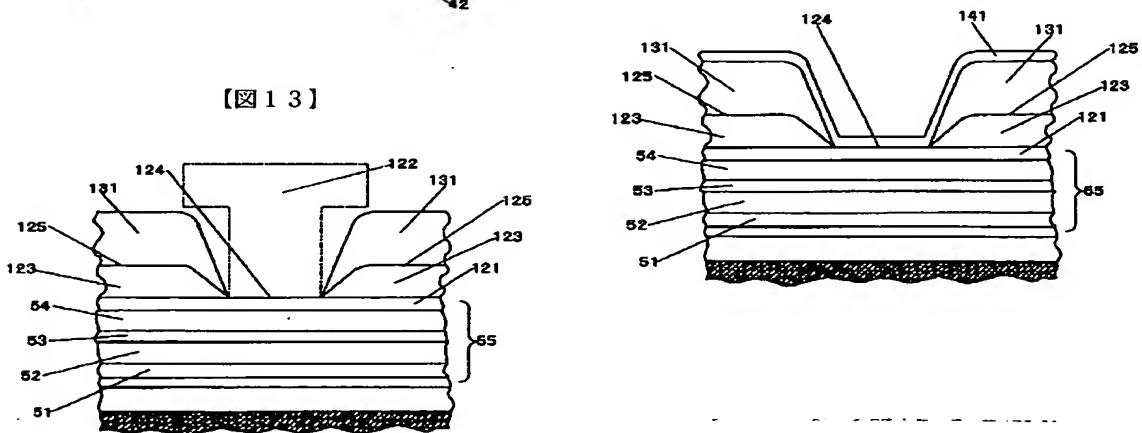
【図9】



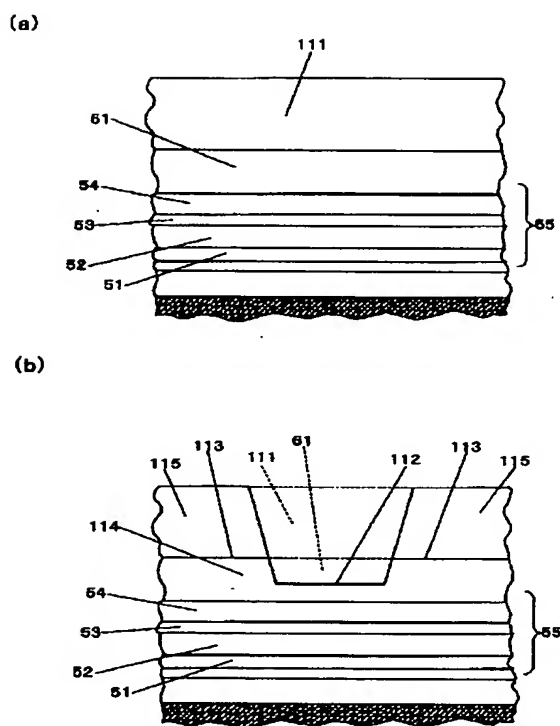
【図10】



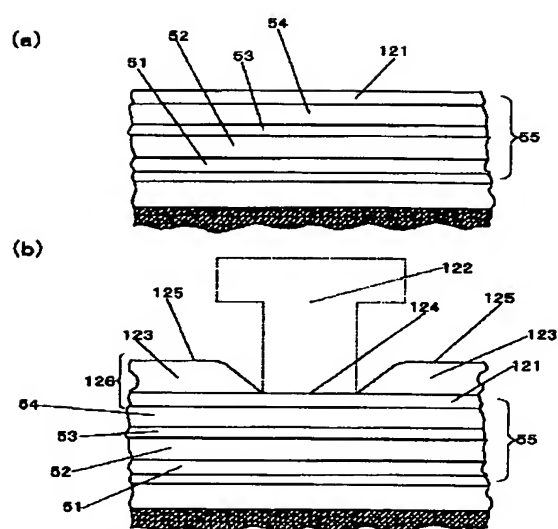
【図14】



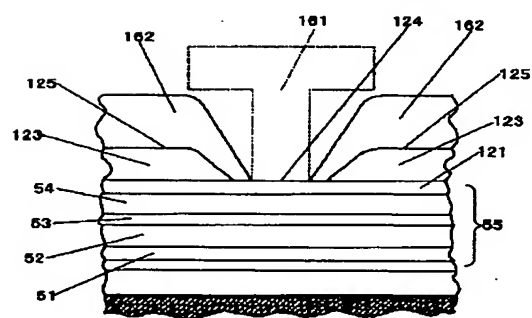
【図11】



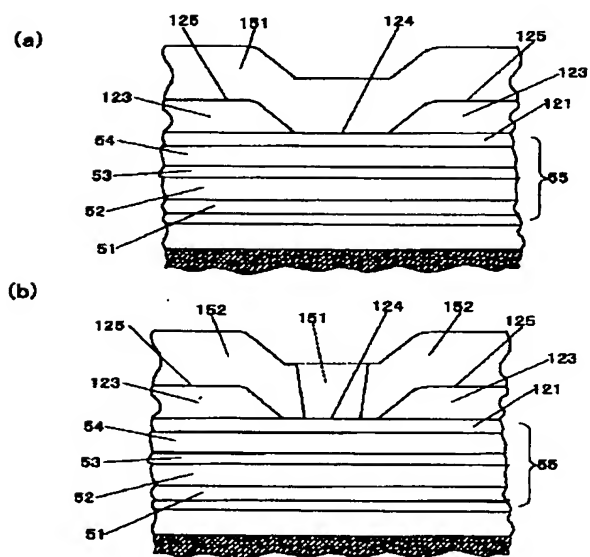
【図12】



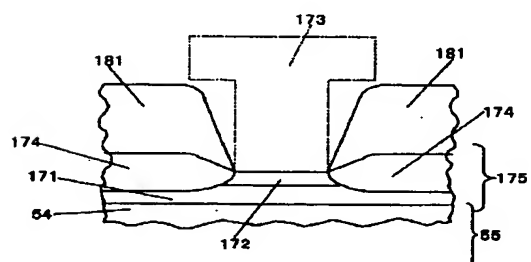
【図16】



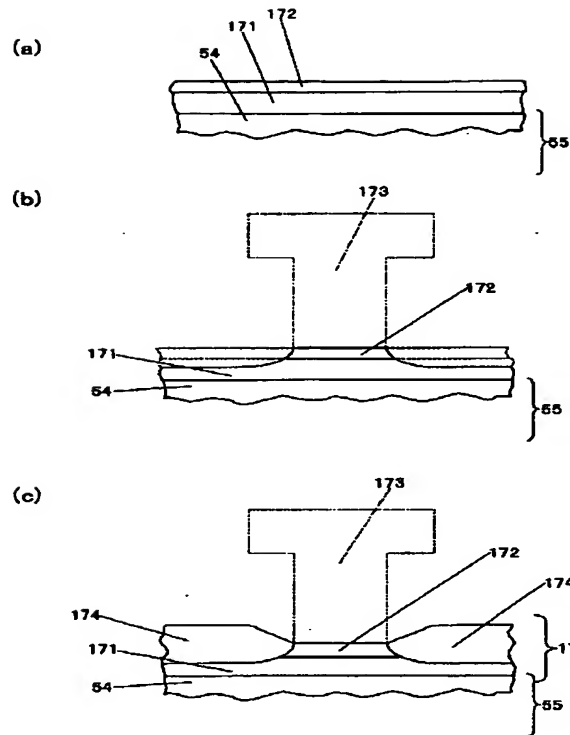
【図15】



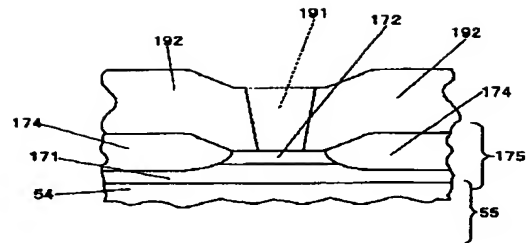
【図18】



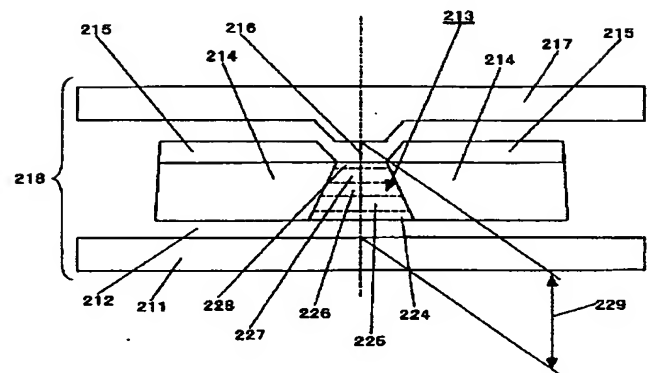
【図17】



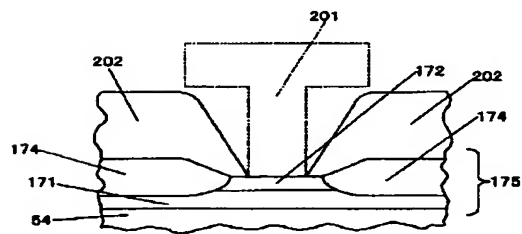
【図19】



【図22】



【図20】



【図21】

